



XIV Congresso Brasileiro
de Pontes e Estruturas

Avaliação e Restauração em Estrutura de Passagem Molhada Localizada em Salgueiro-PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho¹, Romilde Almeida de Oliveira²

¹Professor Mestre / Faculdade de Integração do Sertão / amanciofilgueira@hotmail.com

²Professor Doutor / Universidade Federal de Pernambuco / romildealmeida@gmail.com

Resumo

As passagens molhadas são obras de arte especiais que tem como objetivo vencer obstáculo formado por curso de água. Estas estruturas desempenham papel semelhante ao das pontes, mas que se diferenciam principalmente por serem menos onerosas, como também pelo que lhe caracteriza que é a passagem de água ocorrer parcial e temporariamente sobre a pista de rolamento. Estas obras são muito comuns no Brasil, principalmente em zonas rurais, e por este motivo sofrem por falta de manutenções preventivas. Muitas vezes esse tipo de obra é negligenciado, comprometendo a qualidade, fazendo que as passagens molhadas tenham durabilidade reduzida e desempenho questionado. O objetivo deste trabalho é tratar de um projeto e execução de recuperação e reforço de uma passagem molhada construída na década de 1970, Distrito do Pau Ferro localizada no Município de Salgueiro-PE, Brasil. Pode-se concluir que ela foi executada com condições que limitaram sua durabilidade, e que com a ausência de manutenções periódicas acabou chegando ao limite de utilização. Com esta nova restauração, se espera que a Passagem Molhada suporte o aumento de fluxo de veículos pesados na região, tenha um ganho maior de vida útil e que o poder público realize manutenções..

Palavras-chave

Passagem molhada; Restauração; Reforço; Recuperação; Desempenho.

Introdução

A passagem molhada é uma estrutura que faz parte do grupo das OAE's (obras de arte especiais), uma vez que parte do princípio que estas são construções que têm a finalidade de dar continuidade do leito normal de uma via transpondo obstáculos, tais como rios, riachos e demais cursos de água perenes e não perenes.

Esta surge como uma alternativa para reduzir custos em comparação com as pontes, uma vez que a pista de rolamento (também chamada neste caso de plataforma), diferentemente das pontes, é erguida sobre base contínua de material granular (solo ou pedra), que muitas vezes estão disponíveis em jazidas próximas, de forma que se construa um enrocamento que dará continuidade no tráfego. Nestas estruturas podem ser previstas o "caixão", que são paredes estruturais longitudinais de concreto ciclópico ou de alvenaria de pedra, na qual será depositado material granular entre elas, como também drenagem composto de tubos ou células cruzando o eixo longitudinal da via, para não interromper o curso natural das águas.

Uma característica importante deste tipo de obra é que possuem baixas alturas, reduzindo-se assim custos com terraplenagem, e paredes e/ou enrocamento. Desta maneira, em épocas de cheias o curso da água percorre sobre a pista de rolamento dando seguimento ao percurso natural, sendo esta sua principal característica, e lhe dá sua nomenclatura. Assim, em sua concepção de funcionamento dependerá essencialmente do nível da água que por ela foi transposto.

A superestrutura destas construções é semelhante às das pontes, uma vez que devem ser previstas vigas longitudinais e transversais como também lajes centrais (sendo para passagens molhadas com menor largura). Os encontros também devem ser previstos, mas devido às baixas alturas destas construções são de menor porte. As passagens molhadas de enrocamento, as que não têm paredes estruturais previstas, nem plataformas estruturadas (superestrutura composta de vigas e lajes), desta forma seu uso é mais limitado para pequenos vãos com baixas intensidades de tráfego e vazão. Este presente trabalho busca abordar de maneira explicativa e dissertativa o estudo de caso de todo o processo envolvido para restauração da Passagem Molhada do Distrito Pau Ferro, localizado em Salgueiro, Pernambuco, Brasil. O estudo de caso em questão trata de uma obra pública localizada em uma via estadual, que se trata de uma estrada vicinal (não pavimentada) conhecida como Estrada do Pau Ferro. A restauração foi realizada em uma estrutura caracterizada no grupo das OAE's (obras de arte especiais), no qual estão inclusos as pontes, viadutos e passarelas por exemplo. Na Figura 01, é mostrada a localização da obra.

Histórico

A Passagem Molhada foi construída em meados da década de 1970. Foi concebida com uma metodologia construtiva simples que consistia em um enrocamento de pedra e solo, com uma contenção de alvenaria de pedra rachão, e uma camada de cascalho compactado e argamassado que serviria como piso.

A obra veio para facilitar o deslocamento de moradores da comunidade Sítio Pau Ferro, diminuindo o trajeto realizado pelos mesmos para se chegar ao município sede, Salgueiro, pois a mesma vinha como uma maneira de conter as águas oriundas do Riacho Grande. Na comunidade vinha se desenvolvendo a agricultura e esta obra iria permitir um melhor escoamento dos produtos.

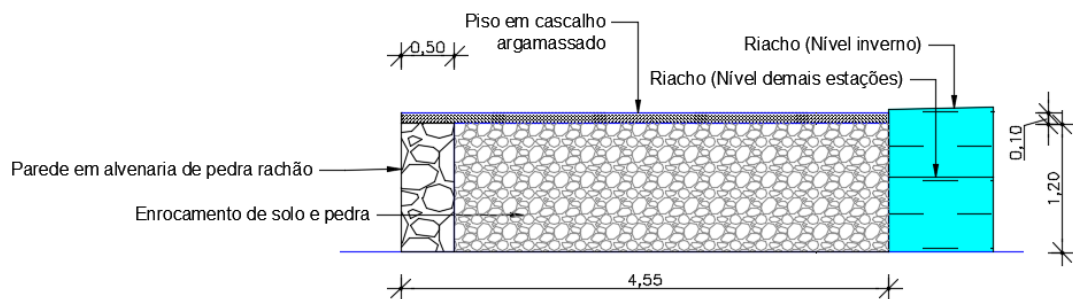


Figura 01 – Detalhe de corte transversal (no metro 41) da Passagem molhada do sítio Pau Ferro em sua construção na década de 1970.

Durante às décadas de 1980 e 1990 a passagem passou por além das manutenções periódicas, por reparos mais severos, que foram a inclusão de contrafortes (a cada 4,00 metros) na parede estrutural existente, como também na execução de piso de concreto simples em substituição ao de cascalho argamassado, como pode ser observado na Figura 02. Esta configuração da passagem molhada permaneceu até o ano de 2021, sendo contempladas apenas manutenções periódicas.

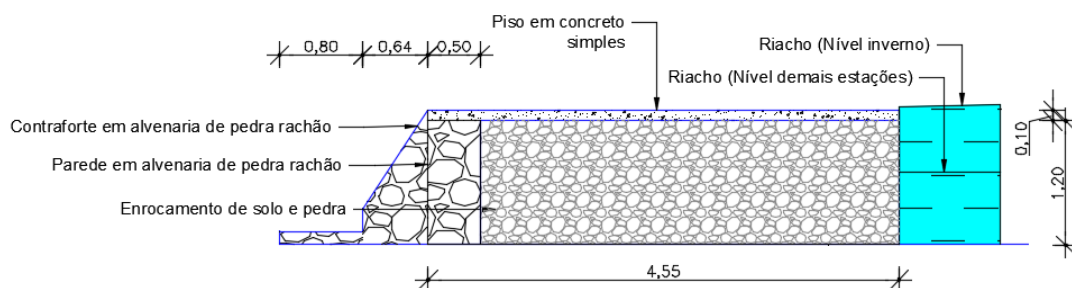


Figura 02 – Detalhe de corte transversal (no metro 41) da Passagem molhada do sítio Pau Ferro após reformas entre as décadas de 1980 e 1990, até o ano de 2021.

Nos últimos cinco anos ela passou a receber uma maior contribuição de água, oriunda do Projeto de Transposição do Rio São Francisco. A barragem de Negreiros, localizada na zona rural do município de Salgueiro, é uma obra que faz parte da integração do Rio São Francisco. Houve uma falha em diques desta barragem, os quais foram reparados, porém ainda ficaram aberturas que levaram o curso da água chegar ao Riacho grande.

Desta maneira a passagem molhada que antes só tinha a pista de rolamento submersa em épocas de cheias, passou a ser solicitada durante praticamente todo o ano. Esta situação acabou gerando uma situação positiva para a agricultura que se desenvolveu mais, tornando-se grande produtor de maracujá e cebola na região do Sertão Central de Pernambuco, e conseqüentemente o fluxo de veículos pesados aumentou na região.

Assim, a Passagem Molhada que até então possuía uma estrutura não tão robusta, passou por danos mais severos, que comprometeram todo o piso de concreto simples, os contrafortes foram desgastados, e parte do enrocamento de solo e pedra foi rompido.

Metodologia de Inspeção

Para o estudo de caso foi realizada inspeção no local, através de uma vistoria detalhada das condições da construção e sua estrutura. Esta inspeção foi classificada como “inspeção nível 01”, que é representada pela análise expedita dos fatos e sistemas construtivos vistoriados, de acordo com Norma de inspeção Predial do IBAPE (2012). É classificada também como Inspeção extraordinária de acordo com a norma de Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto, ABNT NBR 9452 (2016), uma vez que os danos foram causados por eventos da natureza. Pelos critérios da SAMCO F08a (*Guideline for the Assessment of Existing Structures*), esta avaliação se caracteriza como “não formal”, categoria baseada em inspeções visuais em que as rotinas de avaliação de danos são baseadas na experiência e no julgamento do engenheiro avaliador, sendo estes mais ou menos subjetivos.

Desta maneira a avaliação estrutural se classifica como qualitativa (nível 0) e é baseada na experiência do engenheiro, através de sinais visuais como deterioração de elementos estruturais, manifestações patológicas e danos na construção.

A vistoria foi realizada no dia 20/01/2021 a partir de 9:00 da manhã, a qual a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e obras estava à frente do trabalho. Estava em época de cheia, desta forma o nível da água encontrava-se superior ao nível da pista de rolamento, o que dificultava o trabalho durante a vistoria.

A via apresentava alto grau de deterioração, conforme mostrado anteriormente na Figura 08, dificultando a passagem de motocicletas e pedestres, e já haviam relatado acidentes no local. O piso em concreto simples havia sido desgastado devido principalmente ao alto fluxo de veículos pesados juntamente da passagem de água constante, fez com que o efeito da abrasão o danificasse.

Parte do enrocamento localizado entre os metros 60 e 64 havia colapsado e em alguns trechos ao longo da pista de rolamento haviam ocorrido recalques. A ausência de parede estrutural na lateral esquerda, sentido Pau Ferro, foi algo que chamou atenção, pois pelo porte da mesma não poderia estar em pleno funcionamento, tratando-se de uma passagem molhada de enrocamento, ou parcialmente de enrocamento (uma vez que existia uma das paredes). Na figura 03 são mostrados planta baixa e cortes da situação observada na inspeção no dia 20/01/2021.

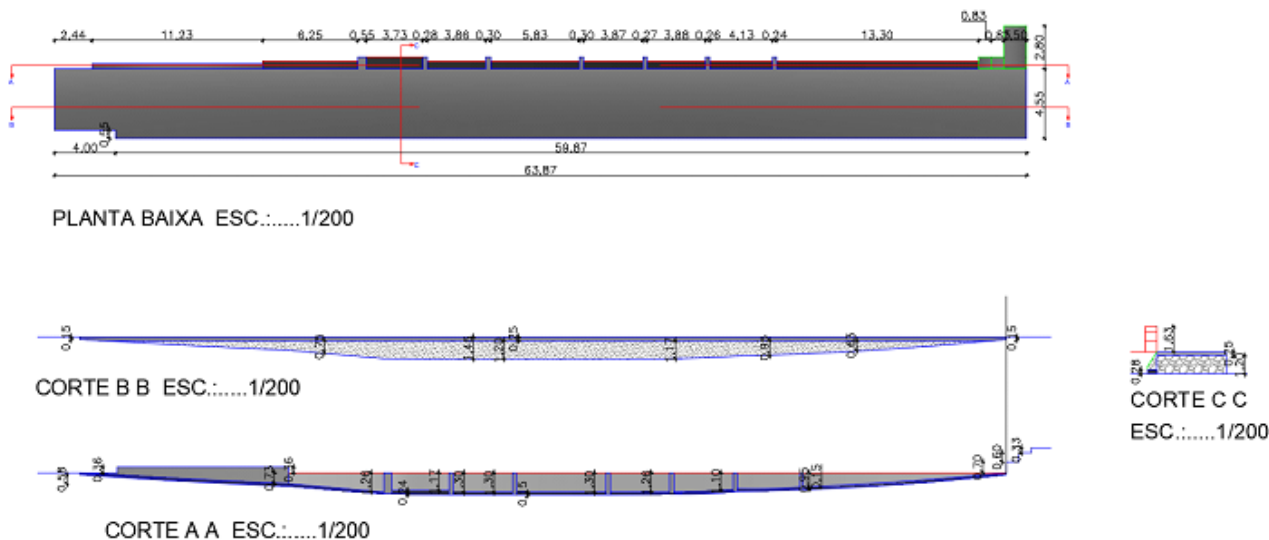


Figura 03 – Planta baixa e cortes da situação coletada na inspeção.

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

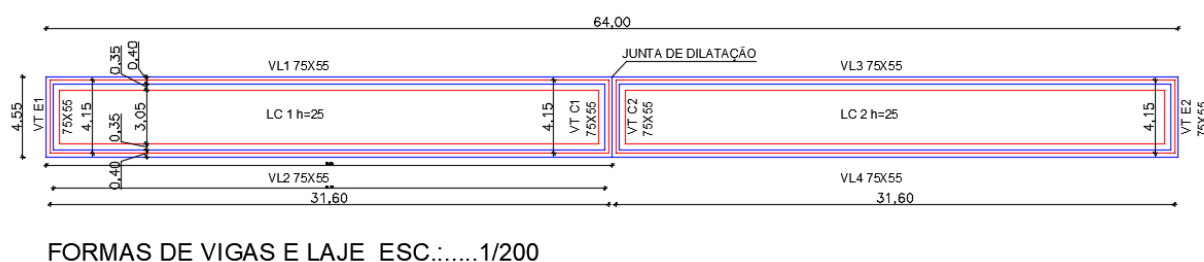
Projeto de Recuperação e Reforço

Após a realização da inspeção e análise do que foi observado in loco e histórico da obra, foi constatado que deveria ser realizada intervenção imediata, e que desta vez a reforma teria um tratamento mais severo comparado com o que havia sido tomado ao longo dos anos de sua existência, que se tratavam apenas de manutenções.

A intervenção adotada seria um projeto de recuperação e reforço, na qual o enrocamento presente em uma de suas laterais deixaria de existir, dando-se lugar a mais uma parede estrutural de alvenaria de pedra rachão, a qual iria se formar um caixão com material granular em seu meio. Nas extremidades seriam realizados travamentos com pedras no sentido transversal e executados encontros também em pedra rachão com entradas que seguissem a tangente do leito viário.

O piso de concreto em sua superfície deteriorado seria completamente removido, juntamente com a camada de cascalho ainda presente de outras reformas, sendo feita escavação até determinada profundidade no enrocamento, substituindo parte do material por areia compactada para permitir a inclusão de plataforma estruturada ou superestrutura composta de vigas longitudinais, transversais e lajes centrais.

Estas condições tomadas para o projeto tornaria a passagem molhada uma obra mais segura, com a adição da segunda parede estrutural e dos encontros daria a estrutura uma maior rigidez e garantia de uma estabilidade ao sistema estrutural. A superestrutura composta de vigas e lajes seria executada sobre base mais sólida, além dos mesmos benefícios citados anteriormente da parede estrutural, iria completar o sistema de caixão, tornando assim uma passagem molhada estruturada, com pavimento rígido e que garantisse condições de durabilidade. Nas figuras 04, 05 e 06 são apresentadas a proposta de projeto para recuperação e reforço.



FORMAS DE VIGAS E LAJE ESC.:.....1/200

Figura 04 – Planta de formas da superestrutura (plataforma).

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

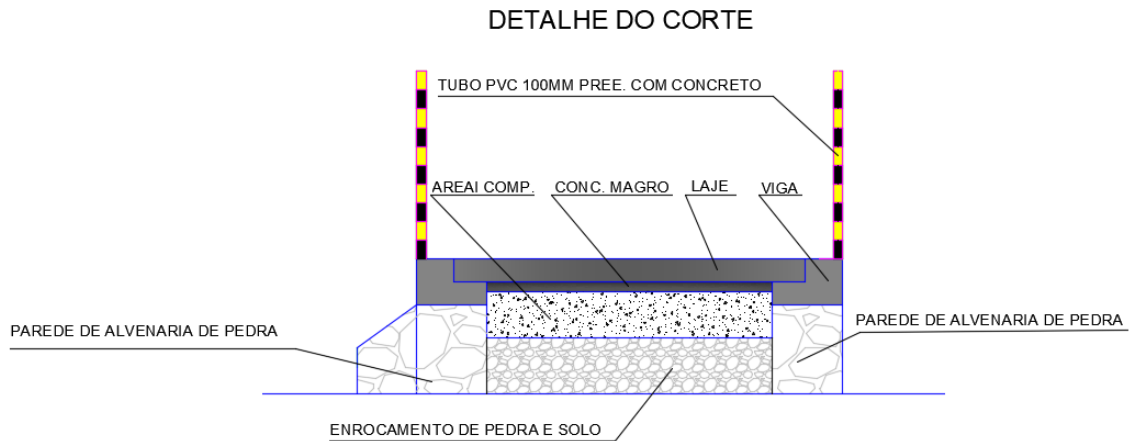


Figura 05 – Detalhe esquemático de corte transversal do projeto de recuperação e reforço da Passagem Molhada do Pau Ferro.

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

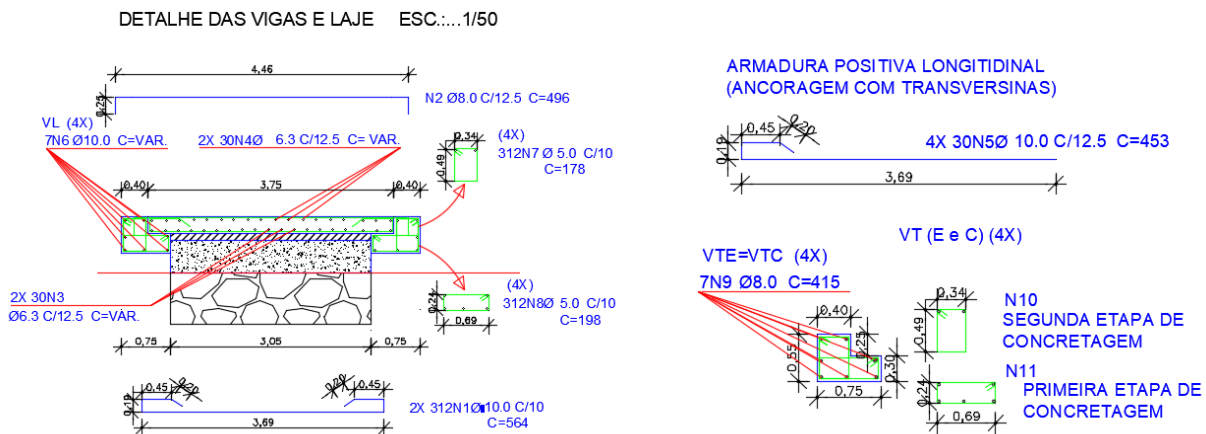


Figura 06 – Detalhe de armações de corte transversal esquemático do projeto de recuperação e reforço da Passagem Molhada do Pau Ferro.

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

Projeto de Drenagem

A passagem molhada do Pau Ferro, esta localizada no Município de Salgueiro, que está contido na bacia hidrográfica do rio Terra Nova. Esta faz parte dos principais afluentes do rio São Francisco e encontra-se localizada na região semiárida de Pernambuco. Segundo Padilha; Zanghetin; Ortega (2004), o regime de chuvas dessa região é caracterizado por longos períodos de estiagem, com secas prolongadas. De acordo com a ANA (2002), a bacia apresenta volume razoável de água no período chuvoso da região, e a mesma possui área de 4909 km². Quanto á área de influência para passagem molhada do Pau Ferro estima-se área de 98,18 km².

Foram determinadas as seguintes características morfométricas: Área de drenagem (A) e Perímetro (P). A área de drenagem compõe todo o sistema fluvial delimitado por seus divisores de água, projetada de forma horizontal. E o perímetro representa a linha imaginária formada pelo divisor de águas topográfico que contorna toda a bacia hidrográfica. Além dessas, calculou-se o fator de forma (F), o coeficiente de compacidade (Kc), o índice de circularidade (Ic), a densidade de drenagem (Dd) e a ordem dos cursos d'água. A seguir são expostas estas formulações:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

$$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (3)$$

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Sendo, A é a área de drenagem (m²) e L o comprimento do eixo da bacia (m), P é o perímetro da bacia (m), o valor do Kc é um número adimensional, e Lt é o comprimento total de todos os canais (km). Os valores encontrados respectivamente foram F = 0,036, kc = 2,54, Ic = 0,152 e Dd = 2,24.

Segundo Schumm (1956), Ic = 0,51 indicam escoamento superficial moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas; Ic > 0,51 demonstra que a bacia é circular, o que favorece o processos de inundação; Ic < 0,51 caracteriza bacia mais alongada, o que contribui para o escoamento superficial, que foi o caso encontrado para a situação da obra em estudo.

No tocante aos demais parâmetros morfológicos da bacia, o fator de forma da bacia é de 0,036. O coeficiente de compacidade de 2,54, mostra que a bacia não está sujeita a grandes enchentes em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidades anormais (CARDOSO et al. 2006). De maneira que quanto maior seu perímetro, mais irregular será a bacia e maior será o coeficiente de compacidade (kc), sugerindo que a bacia seja de formato alongado e pouco susceptível a picos de enchentes.

As vazões são usadas para vários propósitos no projeto de passagens molhadas. O alto fluxo de projeto determina o nível máximo de água esperado e o comprimento da estrada que exigirá blindagem de superfície para limpeza e proteção. Em relação ao tempo de recorrência e vazões de baixo fluxo ajudam a determinar os sistemas de drenagem composto de tubos de concreto.

Segundo Clarkin et al (2006), na publicação oficial sobre passagens molhadas do U.S. Department of Agriculture, Em situações de baixo risco, os projetos geralmente são baseados em informações locais, como estimativas aproximadas ou observações de campo dos níveis de fluxo anual, estimativas de fluxo cheio, marcas d'água altas e atrasos de tráfego estimados.

A situação de projeto trata-se de uma área de inundação de 98,18 km² com frequentes afloramentos rochosos, solos rasos, pouca cobertura vegetal ou urbanização, para estas situações são recomendadas passagens molhadas sem tubulações, com água passante pela plataforma.

Duas abordagens quantitativas devem ser consideradas no estudo hidrológico projeto de passagens molhadas. A primeira abordagem envolve o uso de dados de duração do fluxo para estimar o tempo de atraso anual típico em um vau e a capacidade necessária do sistema de drenagem. A segunda abordagem envolve o uso de dados de frequência de inundação para estimar os valores de fluxo de pico para o projeto da capacidade total da estrutura, e conhecimento local das características de baixo fluxo para determinar as paredes estruturais., tamanho de ventilação e tempos de atraso estimados.

Em situações de baixo risco, os projetos geralmente são baseados em informações locais, como estimativas aproximadas ou observações de campo dos níveis de fluxo anual, estimativas de fluxo cheio, marcas d'água altas e atrasos de tráfego estimados (CLARKIN et al, 2006). Porém vale salientar que estas informações quando coletadas de um período de observação muito curto, são inadequados para a maioria dos projetos e pode levar a falhas.

A abordagem mais simples e comum para projetar passagens molhadas, particularmente de acordo com o Serviço Florestal do USDA, envolve o uso de análise de frequência de inundações. Nesta abordagem, estima-se o fluxo de pico provável de ocorrer ou ser excedido a cada 'x' anos em média (o intervalo de recorrência para esse fluxo). Este método identifica a probabilidade de exceder diferentes níveis de fluxo de pico, mas não estimar o prazo em que a estrada pode ser fechada durante a inundação. As travessias são geralmente projetadas com cotas de inundação atingidas de 50 ou 100 anos.

Em relação aos cálculos para definição da extensão da plataforma, foi calculada a vazão de descarga máxima secular através da seguinte equação:

$$Q_s = 1150 \cdot \frac{A}{\sqrt{(L \cdot C) \cdot (120 + K \cdot L \cdot C)}} \quad (5)$$

Em que:

Qs: Vazão de descarga máxima secular (m³/s);

A: Área da bacia contribuinte local (km²);

L: Comprimento da linha de fundo (km);

LS: Lâmina máxima de sangria adotada (m);

CS: Cota máxima da plataforma (m);

ME: Cota da máxima enchente (m);

Tipo de bacia (conforme Aguiar) → K = 0,30

→ C = 1,05

Dados:

A = 98,18 km²

L = 52 km

LS = 1,00 m (valor usual de projeto)

CS = 1,95 m

ME = 2,95 m

Desta maneira o valor encontrado para Qs foi de 112,04 m³/s, porém foram alocadas duas baterias de 3 tubos de concreto com diâmetro de 0,80 m, com vazões unitárias de 1,15 m³/s, totalizando 6,90 m³/s. Desta maneira o valor do Qs passa a ser 105,14 m³/s.

Para se determinar a extensão da plataforma (largura do vertedouro) é utilizado a seguinte equação:

$$EP = \frac{Q_s}{1,77 \cdot LS \cdot \sqrt{LS}} \quad (6)$$

O valor encontrado para EP foi de 59,40 m na situação dos tubos de concreto em pleno funcionamento. Porém como descrito, a vazão dos tubos serão controlados por representantes da comunidade local, com finalidade de represar água à montante. Nesta situação, a vazão mais desfavorável é aquela que se desconsidera os tubos de concreto, chegando-se à uma extensão da plataforma de 63,30 m. Desta maneira o valor utilizado para a extensão da plataforma de 64 metros atende as situações de projeto.

Assim esta passagem molhada em estudo considera-se largura do vertedouro de 64 m, além de ser contemplada com duas baterias de 3 seções de bueiros com diâmetro de 0,60 m, contribuindo com uma vazão de 6,90 m³/s, atendendo as pequenas cheias durante a quadra invernososa e em momentos de vazões de pico a própria estrutura funcionara como vertedouro.

Para o projeto de drenagem, serão previstas tubulações de concreto transversais ao leito da via, próximas as margens, serão de diâmetro 600 mm, com localizações conforme mostrado na Figura 07.

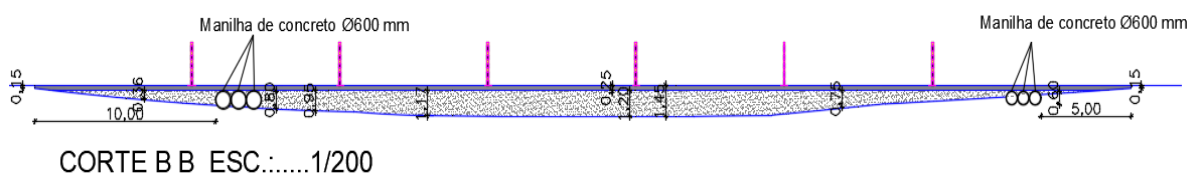


Figura 07 – Localização de tubulações de drenagem na Passagem Molhada do Pau Ferro.
Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

Processos de Cálculo

Os elementos estruturais a serem dimensionados e verificados foram os pertencentes à superestrutura (lajes e vigas) e as paredes estruturais (antiga e nova), situadas na mesoestrutura.

Para o projeto estrutural foram tomados critérios obedecendo às prescrições estabelecidas nas normas citadas no item 3.5 deste trabalho. Sabe-se que se tratando de situação de reforço e recuperação alguns fatores acabam divergindo de projeto devido às condições nas quais a obra havia sido concebida em sua construção e às limitações financeiras, devendo-se assim, as condições referentes à estabilidade e à segurança serem respeitadas.

Seguindo as prescrições da ABNT NBR 6118:2014 a estrutura de concreto pode ser considerada numa classe de agressividade I, pois se encaixa nas situações que a norma indica rural ou submersa. A obra se encontra na zona rural do município de Salgueiro, e em determinadas fases do ano se encontra submersa. Desta maneira o risco de deterioração da estrutura pode ser considerado pequeno. Para a classe de agressividade I, a mesma norma limita a utilização de concretos com resistência característica à compressão (f_{ck}) com valores não inferiores a 20 MPa e relação água cimento (a/c) não superior à 0,6. Foi definido em projeto valores superiores ao mínimo estabelecido por norma, utilizando-se concreto com f_{ck} de 25 MPa e a/c de 0,55. Em relação aos cobrimentos foram utilizados valores de 3,0 cm tanto para as lajes como para as vigas.

A justificativa para utilização de valores superiores aos mínimos indicados pela norma é além do aumento do desempenho estrutural, é o ganho de vida útil desta estrutura, como também que devido ao Riacho Grande hoje receber diversas contribuições, podendo possuir uma pequena parcela de sulfatos capazes de contribuir com a degradação do concreto.

A carga móvel rodoviária definida para esta obra foi o trem tipo rodoviário brasileiro TB-240, uma vez que se enquadra nas seguintes condições estabelecidas pela ABNT NBR 7188:2013:

“Para obras em estradas vicinais municipais de uma faixa e obras particulares, a critério da autoridade competente, a carga móvel rodoviária é no mínimo igual ao tipo TB-240, que é definido por um veículo tipo de 240 kN, com seis rodas, $P = 40$ kN, com três eixos de carga afastados entre si em 1,5 m, com área de ocupação de 18,0 m², circundada por uma carga uniformemente distribuída constante $p = 4,0$ kN/m²” (ABNT, 2013, pág. 4).

Por se tratar de uma obra localizada em estrada vicinal e com largura inferior a 7,0 metros (utilizando critério como 3,5 m para largura de faixa), pode ser considerado como estreita de apenas uma faixa, assim o TB-240 pode ser adotado para o caso.

O sistema estrutural a ser adotado será de laje apoiada em vigas, as quais estão apoiadas diretamente nas paredes estruturais. A laje torna-se componente principal da passagem molhada, esta receberá diretamente o carregamento de veículos e será o elemento com maior taxa de aço. Será maciça, com 25 cm de espessura e foi dimensionada utilizando metodologia das Tabelas de Rüsç (1965) para cálculo de pontes de lajes retangulares. Foram verificadas 2 situações de cálculo:

- **Situação 1:** Considerando a laje simplesmente apoiada nas vigas e com bordas nas extremidades no sentido do tráfego infinitas (uma vez que a relação $\lambda = l_x/l_y$ é bem maior que 2,0). Nesta situação de cálculo, os momentos fletores positivos M_{xm} e M_{ym} possuiriam maiores valores. Foi utilizada a Tabela 1 (RÜSCH, 1965), sendo a medida da largura face a face igual a 3,75 (l_x):

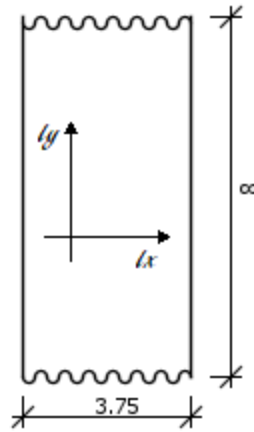


Tabela 1

Figura 08 – Tabela utilizada na situação de cálculo 1.

Fonte: Adaptado de Rüsç (1965).

- **Situação 2:** Considerando a laje engastada nas vigas longitudinais e transversais. Sabe-se que a situação de projeto não gera um engaste perfeito, mas para o aumento da rigidez do sistema estrutural, principalmente para se evitar deformações excessivas na laje, foi executada a armadura N2 para este fim nas vigas longitudinais, e a N4 nas vigas transversais (ver figura 13). Desta maneira formam-se momentos fletores negativos nas bordas da laje que serão resistidos pelas armaduras descritas anteriormente. As armaduras N1 e N5 possuirão dobra superior que também irão reforçar estas regiões. Para esta situação foram utilizadas as tabelas 27 (considerando as extremidades no sentido do tráfego como infinitas) e a tabela 97B simulando as regiões de ligação com as transversinas, conforme figura 09:

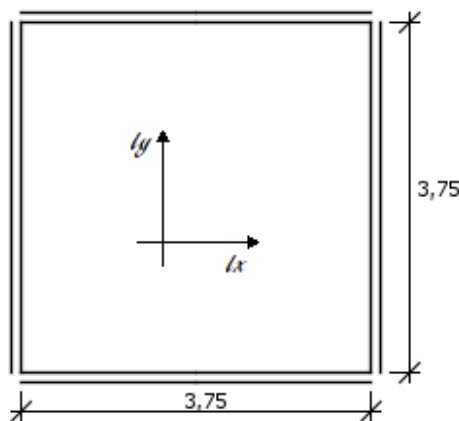


Tabela 97B

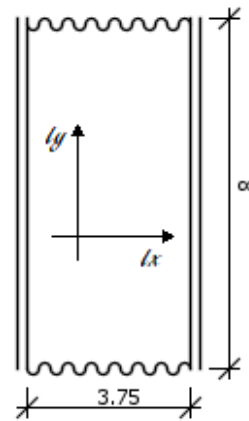


Tabela 27

Figura 09 – Tabela utilizada na situação de cálculo 2.

Fonte: Adaptado de Rüsç (1965).

O carregamento permanente que a laje irá suportar é apenas o peso próprio, visto que não possuirá nenhum revestimento superior. Mesmo que na passagem molhada não tenha sido prevista camada asfáltica em sua superfície, foi considerado o valor de carga de recapeamento de 2,0 kN/m², pois a

laje o poderá receber ao longo dos anos, este recapeamento será realizado com material cimentício, devido principalmente ao desgaste por abrasão. Este valor está definido na ABNT NBR 7187:2003. As vigas longitudinais e transversais para este projeto possuem papel fundamental no funcionamento do sistema estrutural. Elas garantirão que a laje não entre em contato direto com as paredes de pedra como também irão permitir um ganho significativo na rigidez do conjunto. As vigas possuem formato de “L” (Figura 10) e, desta forma terão rigidezes satisfatórias para os esforços a que serão solicitadas.

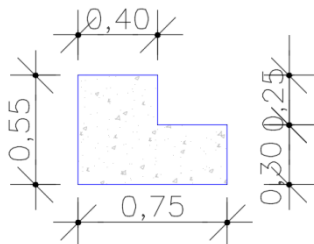


Figura 10 – Dimensão transversal das longarinas e transversinas.

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

O formato se deve, além do seu bom desempenho mecânico, tornar-se viável por questões construtivas, pois servirá de gabarito para execução de colchão de areia com regularização com concreto magro, e posteriormente na segunda etapa de concretagem, facilitará a execução de formas para concretagem conjunta de vigas e lajes.

É importante observar que o formato em “L” das vigas, juntamente com seus procedimentos construtivos, fará com que este elemento tenha funcionamento ao mesmo tempo de cinta (parte em contato direto com as paredes, com maior dimensão horizontal) e de viga propriamente dita na parte que será concretada concomitante com as lajes. Estes elementos podem ser calculados como vigas apoiadas sobre base elástica.

Foi projetada uma junta de dilatação localizada na região central da plataforma, fazendo-se com que a superestrutura trabalhe com dois pavimentos independentes.

Para as paredes estruturais em alvenaria de pedra rachão, o cálculo é semelhante ao de uma contenção, à qual deve estar submetida às solicitações devidas ao empuxo de terra (enrocamento interno), empuxo de água (Riacho Grande) e as solicitações verticais e horizontais provenientes das vigas. A seção transversal da parede nova está ilustrada na Figura 11. Como para este projeto se ausentaram ensaios de caráter geotécnico, foram utilizadas formulações empíricas. Foram utilizados valores mínimos para as verificações quanto à sua estabilidade, prescritos nas normas ABNT NBR 11682:2009 e ABNT NBR 6122:2019. Para combinação de carregamentos foram utilizados itens da ABNT NBR 6118:2014.

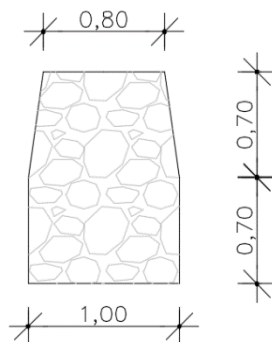


Figura 11 – Seção transversal da parede nova da passagem molhada.

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras, Prefeitura de Salgueiro-PE (2021).

Conclusões

O objetivo deste trabalho foi trazer um estudo de caso real no qual uma estrutura existente não tinha garantida a performance para qual foi projetada, com seu desempenho insatisfatório de maneira que a vida útil estava comprometida. Esta estrutura passou por intervenções ao longo dos anos os quais

foram meramente paliativos e o ganho de vida útil residual foi pequeno. Após esta restauração, teve-se um ganho elevado em sua vida útil, mas deixando-se claro que deverão sempre ser previstas manutenções preventivas.

A intervenção trazida neste trabalho foi de praticamente uma estrutura nova para a Passagem Molhada, a qual passou por uma restauração com procedimentos de reforço e recuperação estrutural. A mesma que até então não possuía plataforma estruturada, ganhou uma superestrutura em concreto armado, como também uma parede estrutural adicional, para se formar um “caixão”, tornando o sistema bem mais rígido que o anterior possuía. A parede existente também foi recuperada e reforçada em algumas regiões.

A passagem molhada apesar de se tratar de uma obra mais simples em comparação com uma ponte, também por ter custos menos elevados, teve ganho não somente estrutural, mas também no que diz respeito a um melhor sistema de drenagem que o anterior, como também passou a ter sinalização que muitas vezes não existe neste tipo de obra.

A obra de arte especial do tipo passagem molhada é muito comum em zonas rurais como também em cidades pequenas no Brasil, pois é uma opção menos onerosa para se dar sequência em vias que vencem obstáculos de água. Vale salientar que uma etapa importante é entender a necessidade da comunidade onde a obra será executada para se projetar com funcionalidade que atenda estas demandas. Daí torna-se uma importante etapa em projeto o cálculo de nível máximo da lâmina de água e como esta será controlada na drenagem.

O que acontece é que na maioria das vezes estas obras são negligenciadas, sendo executadas com ausência parcial ou total de sistema estrutural. O que se pode observar é que este tipo de economia acaba acarretando insatisfação do usuário, como também poderá gerar passivo de acidentes. Outro fator é que se executar uma passagem molhada de maneira estruturada, as manutenções serão menos frequentes, e em longo prazo o custo-benefício é maior.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2014). NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2021). NBR 7187: Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2013). NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2019). NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2019). NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2009). NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2020). NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (1998). NBR 14143: Elaboração de projetos de drenagem superficial para fins agrícolas - Requisitos. Rio de Janeiro.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA (2012). Norma de Inspeção Predial Nacional. IBAPE NACIONAL, São Paulo.
- STRUCTURAL ASSESSMENT, MONITORING AND CONTROL (SAMCO), (2006). F08a: Guideline for the Assessment of Existing Structures, SAMCO Final Report.
- STRUCTURAL ASSESSMENT, MONITORING AND CONTROL (SAMCO), (2006). F08b: Guideline for Structural Health Monitoring, SAMCO Final Report.
- PFEIL, W, (1985). Pontes em Concreto Armado. 3.ed. LTC, 2 Vol., Rio de Janeiro.
- LEONHARDT, F, (2013). Construções de Concreto: Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto. Interciência, Vol. 6, Rio de Janeiro.
- RÜSCH, HUBERT, (1965). Berechnungstafeln für rechtwinklige Fahrbahnplatten von Straßenbrücken, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, München.